

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
DE 196 31 179 A 1

Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 21 F 5/008

Aktenzeichen: 196 31 179.9  
Anmeldetag: 2. 8. 96  
Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 196 31 179 A 1

Unionspriorität: 04.08.95 FR 95 09691

Anmelder:  
Reel S.A., Saint Cyr au Mont d'Or, FR

Vertreter:  
Witte, Weller, Gahlert, Otten & Steil, 70178 Stuttgart

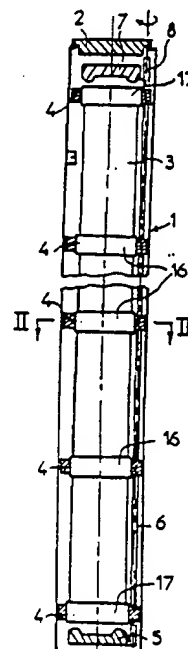
Erfinder:  
Massiot, Maurice, Lyon, FR

PTO 2001-3362

S.T.I.C. Translations Branch

Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen

Eine Vorrichtung dient zum Transportieren und Lagern von Paketen (3) von Kernbrennelementen. Die Vorrichtung umfaßt einen starren Behälter (1). Der Behälter (1) ist an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element, vorzugsweise mehreren über die Länge des Behälters verteilten Kissen (4) versehen. Das Element legt sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement an. Die Expansion wird mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffes bewirkt (Fig. 1).



DE 196 31 179 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen, mit einem starren Behälter, der an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element versehen ist, das sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement anlegt.

Die Erfindung betrifft dabei insbesondere solche Vorrichtungen, wie sie zum Transportieren und Lagern von frischen Kernbrennelementen eingesetzt werden, d. h. Kernelementen, die im Hinblick auf ihren Einsatz im Kern eines Atomkraftwerkes noch nicht bestrahlt wurden.

Die Erfindung betrifft dabei den Behälter, der die Kernbrennelemente, vorzugsweise in Form von Paketen, aufnehmen soll. Wenn ein Transport stattfinden soll, wird eine bestimmte Anzahl derartiger Behälter gemeinsam in eine Verpackungsstruktur eingesetzt, die dann das zu transportierende Gebinde darstellt.

Es ist bekannt, daß der Kern eines Kernreaktors aus Paketen von Kernbrennelementen zusammengesetzt ist. Jedes Paket wird seinerseits aus einer Mehrzahl von Kernbrennstäben oder -stangen gebildet sowie von Kappen und von Gittern, mit denen diese Elemente zusammengehalten werden. Die Gesamtanordnung ist daher einigermaßen instabil und verformbar. Die so entstehenden Pakete werden Seite an Seite in vertikaler Ausrichtung im Reaktorbecken angeordnet, und zwar in der Höhe eines Auflagers oder des Kernbodens, der mit aneinander angrenzenden Führungzapfen versehen ist, um die Bodenteile der Pakete aufzunehmen.

Die Pakete von Kernbrennelementen werden selbstverständlich nicht an Ort und Stelle hergestellt, sondern vielmehr in darauf spezialisierten Unternehmen. Man muß daher strenge Sicherheitsvorschriften einhalten, wenn ein Transport zwischen dem Unternehmen und einem Kernkraftwerk stattfindet.

Strenge Sicherheitsvorschriften müssen ferner eingehalten werden, um den unterkritischen Zustand aufrechtzuerhalten. Es muß nämlich um jeden Preis verhindert werden, daß eine Kettenreaktion als Auslöser eines Kernprozesses ausgelöst wird. Dies geschieht, indem man die Pakete in ausreichendem Umfang voneinander isoliert und/oder sie in eine abschwächende Flüssigkeit, beispielsweise eine Neutronenbremse, eintaucht.

Es sind zwar Verpackungsvorrichtungen bekannt, um Pakete von Kernbrennstäben zu transportieren. Aufgrund der Tatsache, daß neuartige Formen von Paketen derartiger Kernbrennstäbe entwickelt worden sind und es auch neuartige Beschränkungen hinsichtlich des Transportes gibt, hat sich die Notwendigkeit ergeben, neuartige Formen von Verpackungen zu entwickeln.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennstäben zur Verfügung zu stellen, insbesondere von frischen Kernbrennstäben, die vorzugsweise Uranoxid oder Plutoniumoxid enthalten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Expansion mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffs bewirkt wird.

Auf diese Weise wird erfindungsgemäß erreicht, daß der Behälter einerseits und ein Paket von Kernbrennelementen andererseits mit einer gewissen Kohäsion zusammengehalten wird, die wiederum durch die Vorspannung erzeugt wird, die von den expandierbaren Elementen ausgeht.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Insbesondere ist bevorzugt, wenn der Druck für die Expansion des flüssigen Kunststoffs bei  $50 \cdot 10^5$  Pa liegt.

Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung sind die expandierbaren Elemente als vorzugsweise ringartige Kissen ausgebildet, die in regelmäßigen Abständen zueinander entlang der Länge des Behälters angeordnet sind, wobei die Kissen untereinander und mit einer Druckkammer verbunden sind.

Der Druck wird vorzugsweise mittels eines Tauchkolbens erzeugt, der in die Druckkammer eintaucht und von einer Spindel angetrieben wird. Der Tauchkolben ist vorzugsweise von einer Oberseite des Behälters her zugänglich und sowohl bei stehender wie bei liegender Position des Behälters betätigbar.

Die expandierbaren Elemente werden vorzugsweise mittels einer verformbaren Membran aus Metall oder aus Kunststoff realisiert, die sich unter der Einwirkung eines Drucks verformt, der durch den Elastomer oder das flüssige Silikon ausgeübt wird. Die Membran ist vorzugsweise mit einer metallischen Anordnung in Gestalt einer ringförmigen Rinne verbunden. Die metallische Anordnung ist ihrerseits, vorzugsweise durch Verschweißen, mit einer Innenwandung verbunden, die eine Seitenwand des Behälters bildet.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung läßt sich der Behälter auf einer Seitenwand öffnen, um das Paket von Kernbrennstäben seitlich einführen zu können. Der Behälter wird anschließend mittels der abgenommenen Seitenwand wieder verschlossen. Die übrigen drei Seitenwände sind starr miteinander verbunden. Die abnehmbare Seitenwand trägt ein vor-expandiertes Element, während die übrigen Seitenwände mit expandierbaren Elementen versehen sind.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen;

Fig. 2 einen Querschnitt, entlang der Ebene II-II von Fig. 1;

Fig. 3 eine schematisierte Explosionsdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 4 eine Ansicht auf die Vorrichtung gemäß Fig. 3 von oben und mit abgenommenem Deckel.

Fig. 1 stellt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennstäben dar, insbesondere von frischen Kernbrennstäben, die Plutoniumoxid enthalten.

Die Vorrichtung umfaßt im wesentlichen einen quaderförmigen Behälter 1, der typischerweise aus Edelstahl hergestellt ist oder aus einem anderen Werkstoff, wie er in der Kerntechnik verwendet wird, beispielsweise Titan. Der Behälter 1 ist an einer seiner Stirnseiten fest verschlossen und an der anderen Stirnseite mittels eines Deckels 2 zugänglich. Der Behälter 1 ist demzufolge so ausgestaltet, daß ein Paket 3 von Kernbrennelementen von oben, d. h. bei weggeklapptem Deckel 2 eingeführt werden kann.

Gemäß einer Besonderheit der Erfindung ist eine An-

zahl von Kissen 4 entlang der Länge des Behälters 1 angeordnet. Diese Kissen 4 werden durch Kammern 11 gebildet, die aus Edelstahl ausgeführt sind. Die Kammern 11 sind, vorzugsweise durch Verschweißen, mit Innenwandungen des Behälters 1 verbunden, die die Seitenwände des Behälters 1 bilden. Jede der Kammern 11 umfaßt eine metallische, verformbare Membran 9. Die Membran 9 kann eine in Richtung auf den Innenraum des Behälters 1 vorgewölbte Gestalt einnehmen, wenn ein Innendruck in dem Kissen 4 erzeugt wird. Jedes der Kissen 4 steht mit den übrigen Kissen 4 derselben Ebene oder eines selben Ringes in Verbindung, ebenso wie mit den Kissen 4 von darüberliegenden oder darunterliegenden Ebenen. Auf diese Weise wird ein hydrostatisches Gleichgewicht zwischen den Kissen 7 hergestellt. Eine Druckkammer 6 stellt den erforderlichen Druck für die Vorspannung der Kammern 11 bereit. Sie gewährleistet ferner die hydrostatische Verbindung zwischen den Kammern 11. Die Druckkammer 6 ist ihrerseits an einer Auflagekammer 5 angeschlossen, die sich am unteren Boden des Behälters 1 befindet. Ein ähnliches, komplementäres Element 7 kann am oberen Ende des Behälters 1 vorgesehen werden.

Die Höhe der Kissen 4 wird so gewählt, daß sie an die unterschiedlichen Höhen von Gittern 16 und Kappen 17 angepaßt ist, die den Zusammenhalt des Paketes gewährleisten. Auch eine geringfügige Variation ihres Abstandes muß möglich sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Kissen 4 und die Druckkammer 6 so ausgebildet, daß sie eine komprimierbare Flüssigkeit aufnehmen. Typischerweise verwendet man hierzu ein Elastomer oder ein flüssiges Silikon von niedriger Viskosität. Diese Flüssigkeiten können um 4% bis 5% komprimiert werden, wenn man auf sie einen Druck in der Größenordnung von  $50 \cdot 10^5$  Pa ausübt.

Auf diese Weise kann man das Paket 3 durch Druckbelastung oder durch Druckentlastung fassen. Im erstgenannten Fall wird Flüssigkeit aus der Druckkammer 6 in die Kissen überführt und diese damit expandiert. Im zweitgenannten Fall wird auf die kompressible Flüssigkeit in den Kissen 4 ein so hoher Druck ausgeübt, daß die Kissen schrumpfen. Nach dem Einladen des Pakets 3 wird der Druck wieder so weit vermindert, daß die Kissen 4 wieder expandieren und das Paket 3 fassen.

Wenn zum Beispiel im erstgenannten Fall das Paket 3 von Kernbrennelementen in den Innenraum des Behälters 1 eingebracht worden ist, wird die Druckkammer 6 unter Druck gesetzt, und zwar mittels eines Tauchkolbens 8, der von einer Spindel oder dergleichen betätigt wird und Flüssigkeit von der Druckkammer 6 in die Kissen 4 überführt. Der Tauchkolben 8 ist vorzugsweise an der Oberseite des Behälters 1 angeordnet. Auf diese Weise ist es möglich, den Tauchkolben 8 zu betätigen, und zwar unabhängig davon, ob der Behälter 1 steht oder liegt, d. h. vertikal oder horizontal ausgerichtet ist. Da die Kissen 4 hydrostatisch miteinander in Verbindung stehen, ist es möglich, einen gleichmäßigen Druck im Bereich aller Oberflächen des Behälters 1 zu erzeugen, so wie er auf das Paket wirkt. Das Paket wird auf diese Weise zuverlässig an Ort und Stelle gehalten, weil der Behälter 1 eine hohe Kohäsion mit dem Paket 3 aufweist.

Vorteilhafterweise geht man so vor, daß man den Kissen 4 zunächst einen geringeren Druck aufträgt, so daß die expandierbaren Elemente sich langsam ausdehnen und daher die Andrückkraft stetig zunehmend auf alle Anlagepunkte verteilt wird. Es wird dann ein gewis-

ser Überdruck eingestellt, der sicherstellt, daß das Paket 3 gehalten wird, und zwar elastisch und gleichförmig. Dabei ist selbstverständlich berücksichtigt, daß ein gewisser Spielraum vorhanden bleiben muß, um Überbelastungen zu vermeiden, beispielsweise solche infolge innerer Bewegungen sowie thermischer Ausdehnungen der eingesetzten Materialien.

Auf diese Weise können Pakete von Kernbrennstäben in vertikaler Ausrichtung in der Verpackung gelagert und dann in eine horizontale Lage gekippt und so transportiert werden, beispielsweise über Straßen oder mit der Eisenbahn.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung, die in den Fig. 3 und 4 dargestellt ist, vollzieht sich die Beladung der Kernbrennelemente in das Gehäuse 13 von der Seite her. Der Behälter 13 ist dabei wiederum von quaderförmiger Gestalt. Eine Seitenwand 12 des Behälters ist jedoch wegnehmbar. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die expandierbaren Kissen als längliche Elemente 14 ausgebildet, die entlang einer jeden Innenwand der drei festen Wände des Behälters 13 ausgebildet sind. Jedes dieser Elemente 14 ist wie bei dem zuvor erörterten Ausführungsbeispiel mit einer Kammer verbunden, die unter Druck gesetzt werden kann und sich in hydrostatischer Verbindung mit den anderen Kammern befindet.

Die abnehmbare Seitenwand 12 ist ebenfalls mit einem Kissen 15 versehen. Dies ist jedoch bereits vorexpandiert, d. h., es steht bereits von vornherein unter einem Druck. Die Seitenwand 12 ist so ausgebildet, daß sie lösbar auf dem Rest des Behälters 13 befestigt werden kann, um auf diese Weise einen Verschuß zu bilden. Sobald die Seitenwand 12 auf den restlichen Behälter 13 aufgesetzt ist, kann die Anordnung unter Druck gesetzt werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es ebenso wie bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel möglich, den Behälter 1 bzw. 13 so auszubilden, daß eine Zirkulation von Wasser, insbesondere von borhaltigem Wasser, möglich ist. Auf diese an sich bekannte Weise ist es möglich, die Neutronen zu verlangsamen bzw. abzu-bremsen, so daß der Transport und/oder die Lagerung der Kernbrennelemente stets im unterkritischen Zustand abläuft.

Die Anordnung mit den Kissen gewährleistet darüber hinaus, daß die Pakete von Kernbrennelementen gegenüber Erschütterungen geschützt werden, wie sie beim Transport oder bei einem Unfall auftreten.

Darüber hinaus sind die Anordnungen von äußerst kompakter Bauweise, insbesondere im Hinblick auf die zugehörigen Wartungssysteme. Da das Gehäuse darüber hinaus nur einen sehr kleinen Querschnitt aufweist, kann man die Zahl der gestapelten Vorrichtung innerhalb einer Verpackungseinheit erhöhen, so daß — bezogen auf ein Fahrzeug — die Transportkosten vermindert werden können, ohne daß gleichzeitig die Sicherheitsbedingungen verschärft werden müssen.

Darüber hinaus kann das Dekomprimieren der Kissen sehr einfach bewerkstelligt werden, wodurch ferner gewährleistet wird, daß die Pakete in den Behältern nicht verklemt werden.

Schließlich ist es ohne weiteres möglich, die Temperatur im Innenraum der Behälter auf  $250^\circ\text{C}$  ansteigen zu lassen, ohne daß dadurch der Behälter oder insbesondere der flüssige Kunststoff, nämlich der Elastomer oder das flüssige Silikon Schaden nimmt.

1. Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen, mit einem starren Behälter (1; 13), der an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element versehen ist, das sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement anlegt, dadurch gekennzeichnet, daß die Expansion mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffes bewirkt wird. 5
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennelemente zu Paketen (3) zusammengefaßt sind. 10
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennelemente Uranoxid (UO<sub>2</sub>) oder Plutoniumoxid (PuO<sub>2</sub>) enthalten. 15
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1; 13) im wesentlichen quaderförmig ist. 20
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1; 13) im Querschnitt quadratisch ist.
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf allen Innenwänden des Behälters (1; 13) expandierbare Elemente vorgesehen sind. 25
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Kunststoff ein Elastomer ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Kunststoff ein flüssiges Silikon niedriger Viskosität ist. 30
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck  $40 \cdot 10^5$  bis  $60 \cdot 10^5$ , vorzugsweise  $50 \cdot 10^5$  Pa beträgt. 35
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die expandierbaren Elemente als Kissen (4; 14, 15) ausgebildet sind. 40
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) ringförmig ausgebildet sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) über die Länge des Behälters (1) verteilt angeordnet sind. 45
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) im Abstand voneinander angeordnet sind. 50
14. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (14, 15) in Längsrichtung des Behälters (13) durchgehend ausgebildet sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem quaderförmigen Behälter (13) an jeder Seitenwand ein durchgehendes Kissen (14, 15) vorgesehen ist. 55
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4; 14) mit einer Druckkammer (6) verbunden sind. 60
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4; 14) untereinander verbunden sind. 65
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Kissen (4; 14) eines Behälters (1; 13) im hydrostatischen Gleichgewicht stehen.

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die expandierbaren Elemente eine verformbare Membran (9) umfassen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (9) aus Metall oder Kunststoff, vorzugsweise einem Elastomer, besteht.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (9) Teil einer Kammer (11) ist und daß die Kammer (11) mit einer Innenwand des Behälters (1) verbunden ist.

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem stehenden quaderförmigen Behälter (1) ein Deckel (2) an einer Oberseite des Behälters (1) vorgesehen ist.

23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem quaderförmigen Behälter (13) eine Seitenwand (12) abnehmbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die übrigen Seitenwände starr miteinander verbunden sind.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die abnehmbare Seitenwand (12) ein vor-expandiertes Element (15) trägt, während die übrigen Seitenwände mit expandierbaren Elementen (14) versehen sind.

26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zum Expandieren des Elements ein Tauchkolben (8) vorgesehen ist, der in eine mit dem Element verbundene Druckkammer (6) eintaucht.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Tauchkolben (8) mittels einer Spindel verfahrbar ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Tauchkolben (8) von einer Oberseite des Behälters (1) zugänglich und sowohl bei stehender wie auch bei liegender Position des Behälters (1) betätigbar ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

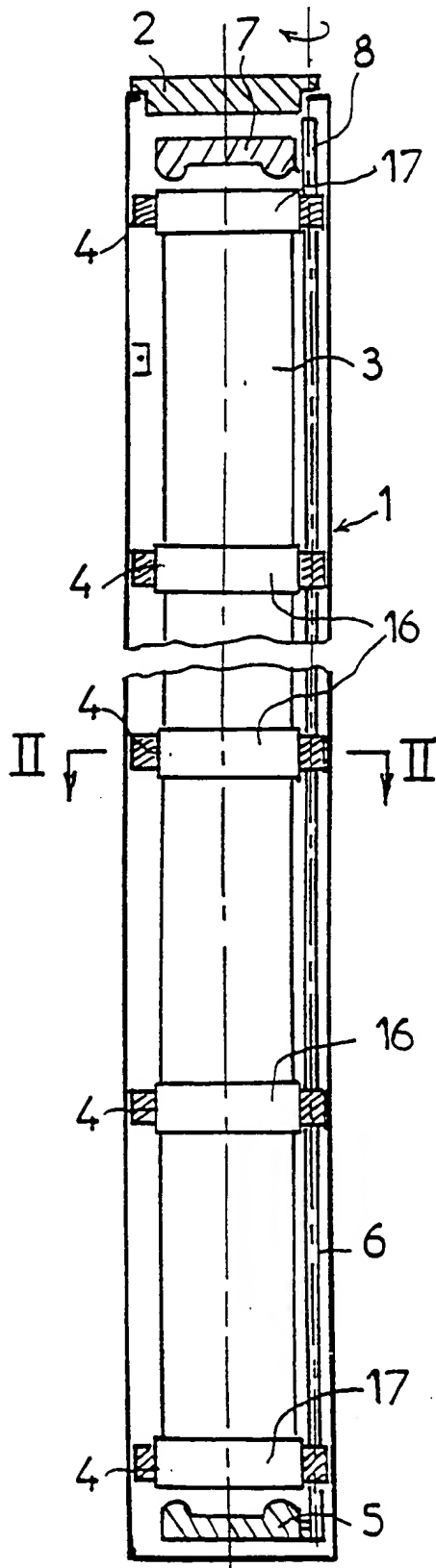


FIG. 1

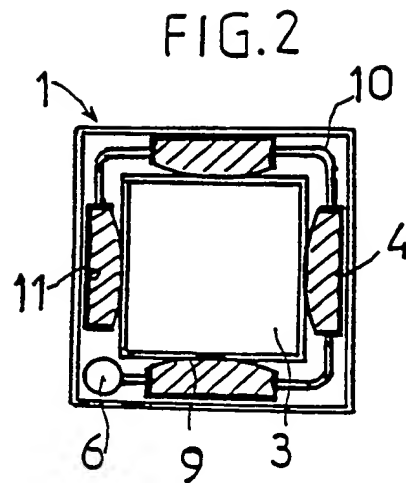
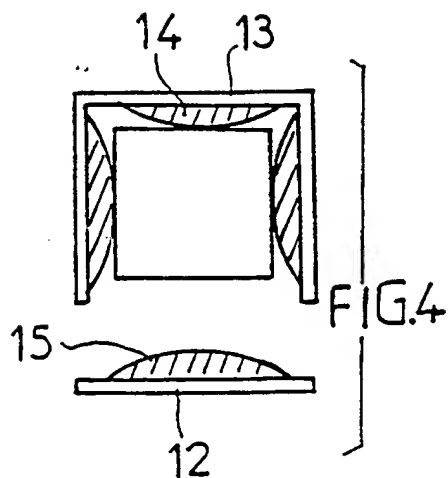
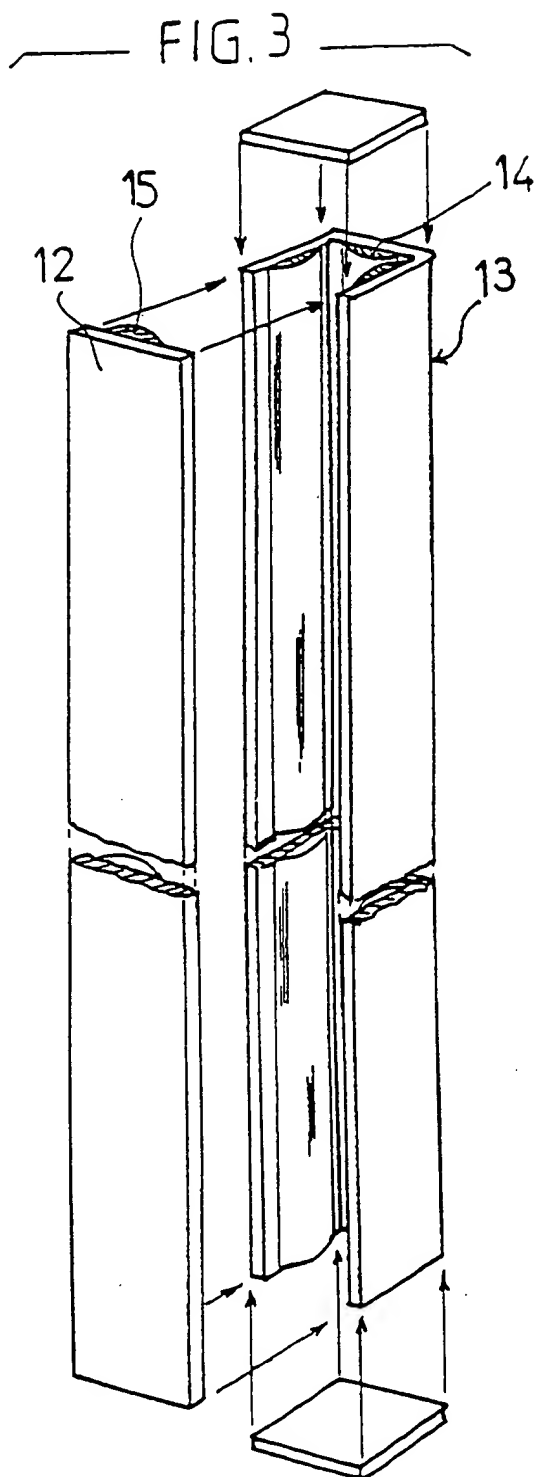


FIG. 2



DEVICE FOR THE TRANSPORTATION AND STORAGE OF NUCLEAR FUEL  
ELEMENTS

[Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von  
Kernbrennelementen]

Maurice Massiot

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
Washington, D.C. July 2001



This invention relates to a device for the transportation and storage of nuclear fuel elements, with a rigid container, that, on its inside, is provided with at least one expandable element that, when in the expanded state, comes to rest against the nuclear fuel element.

The invention in particular relates to those devices, such as they are used in the transportation and storage of fresh nuclear fuel elements, that is to say, nuclear elements that, with a view to their employment in the core of an atomic power plant, have not yet been irradiated.

The invention here relates to the container that is to receive the nuclear fuel elements, preferably in the form of packets. If a shipment is to be made, then a certain number of such containers will be used together in one packaging structure that then represents the batch that is to be transported.

It is known that the core of a nuclear reactor can be made up of packets of nuclear fuel elements. Each packet, in turn, is made up of a plurality of nuclear fuel rods or bars, as well as caps and grids, by means of which these elements are held together. The arrangement as a whole is somewhat unstable and deformable. The resultant packets are arranged, from side to side, in a vertical alignment, in the reactor well, specifically, at the level of a support or the core bottom, that is provided

with mutually adjacent guide pegs in order to receive the bottom parts of the packets.

The packets of nuclear fuel elements naturally are not made on the spot but rather in companies that specialize for this purpose. One must therefore comply with strict safety regulations if a shipment is to be made between the particular company and a nuclear power plant.

Strict safety regulations must furthermore be complied with in order to maintain the subcritical state. One must at any price prevent a chain reaction from being triggered as the trigger of a nuclear process. This is done in that the packets are sufficiently insulated from each other and/or they are dipped into a weakening liquid, for example, a neutron brake.

Packaging devices are known for use in transporting packets of nuclear fuel rods. Novel forms of packets of such nuclear fuel rods have been developed and they are also novel restrictions regarding shipment; therefore it has now become necessary to develop novel forms of packages.

The object of the invention therefore is to provide a novel device for the transportation and storage of nuclear fuel rods, in particular, of fresh nuclear fuel rods that preferably contain uranium oxide or plutonium oxide.

This problem is solved according to the invention with a device of the kind mentioned initially in that the expansion is

brought about by means of a pressurized liquid plastic.

In this way one can make sure according to the invention that the container, on the one hand, and the packet of nuclear fuel elements, on the other hand, will be held together with a certain degree of cohesion which, again, is generated by the prestress that is exerted by the expandable elements.

Preferred developments of the invention are given in the subclaims.

It is particularly preferred when the pressure for the expansion of the liquid plastic is  $50 - 10^5$ .

In some embodiments of the invention, the expandable elements are made as preferably ring-like cushions that are arranged at regular intervals from each other along the length of the container; the cushions are connected to each other and with a pressure chamber.

The pressure is preferably generated by means of a plunger piston that is dipped into the pressure chamber and that is driven by a spindle. The plunger piston is preferably accessible from the top of the container and can be activated with both the standing and the reclining position of the container.

The expandable elements are preferably made by means of a deformable membrane made of metal or plastic, that is deformed due to the action of a pressure that is exerted by the elastomer or by liquid silicon. The membrane is preferably connected with

a metallic arrangement in the form of a ring-shaped groove. The metallic arrangement, in turn, is preferably connected with an inside wall by welding, which inside wall forms the sidewall of the container.

In another embodiment of the invention, the container can be opened on a sidewall, in order to be able to insert the packet of nuclear fuel rods sideways. The container is then closed up again by means of the sidewall that had beforehand been taken off. The other three sidewalls are connected with each other rigidly. The removable sidewall contains a pre-expanded element, while the other sidewalls are provided with expandable elements.

It goes without saying that the above-mentioned features, and those yet to be explained below, can be used not only in the particular given combination, but also in other combinations or alone, without going beyond the context of the invention at hand.

Exemplary embodiments of the invention are illustrated in the drawing and will be explained in greater detail in the following description.

Figure 1 shows a longitudinal profile through an invention-based device for transporting and storing nuclear fuel elements.

Figure 2 is a lateral profile along plane II-II in Figure 1.

Figure 3 is a diagram illustrating an exploded view of another exemplary embodiment of the invention.

Figure 4 is a view upon the device according to Figure 3,

from above, and with the lid removed.

Figure 1 represents a first embodiment of an invention-based device for transporting and storing nuclear fuel rods, particular, fresh nuclear fuel rods that contain plutonium oxide.

The device essentially comprises a tube-shape container 1, that, typically, is made of special steel or some other material, as used in nuclear engineering, for example, titanium. Container 1 is firmly closed off at one of its fronts and, on the other front, it is accessible by means of a lid 2. Container 1 accordingly is so shaped that a packet 3 of nuclear fuel elements can be introduced from above, that is to say, with lid 2 folded away.

According to a special feature of the invention, a number of cushions 4 are arranged along the length of container 1. These/2 cushions 4 are made up of chambers 11 that are made with special steel. Chambers 11 are connected, preferably by welding, with inside walls of container 1 that form the sidewalls of container 1. Each one of chambers 11 comprises a metallic, deformable membrane 9. Membrane 9 can assume a shape that is bulged forward in the direction toward the internal space of container 1, when an internal pressure is generated in cushion 4. Each of cushions 4 is connected with the other cushions 4 of the same level or of a same ring, and with cushions 4 of superposed or subjacent levels. In that way, one can establish a hydrostatic balance

between cushions 7. A pressure chamber 6 supplies the pressure required for the pre-stressing of chambers 11. It furthermore ensures the hydrostatic connection between chambers 11. Pressure chamber 6, in turn, is connected to a support chamber 5 that is located on the lower bottom of container 1. A similar, complimentary element 7 can be provided at the upper end of container 1.

The height of cushion 4 is so chosen that it will be adapted to the differing heights of grids 16 and caps 17, which make sure the packet will hold together. A minor variation of their interval must also be possible.

According to an exemplary embodiment of the invention, cushions 4 and pressure chamber 6 are so designed that they can receive a compressible liquid. Typically one uses an elastomer or liquid silicon of low viscosity. These liquids can be compressed by 4% to 5% if one exerts a pressure on the order of magnitude of  $50 - 10^5$ .

In that way, one can grasp packet 3 by means of pressure stress or pressure relief. In the first-mentioned case, the liquid is conveyed out of the pressure chamber 6 into the cushions and the latter are thus expanded. In the second case, such a high pressure is exerted on the compressible liquid in the cushions 4 that the cushions will shrink. After the loading of packet 3, the pressure is again diminished so far that cushions 4

will again expand and grasp packet 3.

If, for example, in the first case, packet 3 of nuclear fuel elements was inserted in the internal space of container 1, then pressure chamber 6 is pressurized, specifically, with the help of a plunger piston 8, that is driven by spindle or the like, and liquid is transferred from pressure chamber 6 into cushions 4. The plunger piston 8 is preferably arranged on the top of container 1. In that way, it is possible to work the plunger piston 8, specifically, regardless of whether container 1 stands up or lies down, and that is to say, regardless of whether it is aligned vertically or horizontally. Because cushions 4 are connected with each other hydrostatically, it is possible to generate a uniform pressure in the area of all surfaces of container 1, such as it acts upon the packet. The packet is thus reliably held on the spot because container 1 has a high degree of cohesion with packet 3.

One preferably proceeds in the following manner: at first, a low pressure is applied on cushion 4 so that the expandable elements will expand gradually and so that the press-on force is therefore distributed upon all support or contact points in a steady manner. A certain over-pressure is then set for the purpose of making sure that packet 3 is retained, specifically, elastically and uniformly. Of course, one must naturally keep in mind that a certain leeway must be preserved in order to avoid

any overloads, for example, those due to internal movements as well as thermal expansions of the materials used.

In that way, one can store packets of nuclear fuel rods in a vertical arrangement in the packaging unit and one can then tilt them into a horizontal position and transport them thus, for example, on highway or by rail.

In another embodiment of the invention, illustrated in Figures 3 and 4, the nuclear fuel elements are loaded into the housing 13 from the side. Container 13 here again is cube-shaped. A sidewall 12 of the container however can be removed. In this exemplary embodiment, the expandable cushions are made as longitudinal elements 14 that are fashioned along each inside wall of the three fixed walls of container 13. Each of these elements 14 - as in the previously explained exemplary embodiment - is connected with a chamber that can be pressurized and that is in hydrostatic connection with the other chambers.

Removal sidewall 12 is also provided with a cushion 15. The latter however is already pre-expanded, that is to say, it is already from the very beginning under a pressure. Sidewall 12 is so shaped that it can be attached in a separable manner on the rest of container 13 in order thus to form a closure. The arrangement can be pressurized the moment sidewall 12 has been set up the remaining container 13.

In this exemplary embodiment, as in the previously described



exemplary embodiment, it is also possible so to fashion container 1 or 13 that circulation of water, in particular, boron-containing water, will be possible. In this known fashion, it is possible to slow the neutrons down or to brake them so that shipment and/or storage of the nuclear fuel elements will always take place in the subcritical state.

The arrangement with the cushions moreover ensures that the packets of nuclear fuel elements will be protected against impacts, such as they occur during shipment or in case of an accident.

Moreover, the arrangements have an extremely compact structure, particularly with a view to the pertinent maintenance systems. The housing moreover has only a very small cross section; therefore, one can increase the number of stacked devices inside a packaging unit so that - with relation to a vehicle - one can reduce the shipment costs, without at the same time having to tighten up on the safety conditions.

Besides, one can decompress the cushions in a very simple manner which, furthermore, will ensure that the packets will not become jammed in the containers.

Finally, it is readily possible to let the temperature in the inside space of the containers rise to 250°C without in any way damaging the container or, especially, the liquid plastic, that is to say, the elastomer or the liquid silicon.

1. Device for the shipment and storage of nuclear fuel elements, with a rigid container (1;13) that, on its inside, is provided with at least one expandable element, which, in the expanded state, comes to rest against the nuclear fuel element, characterized in that the expansion is brought about by means of a pressurized liquid plastic.
2. Device according to Claim 1, characterized in that the nuclear fuel elements are combined into packets (3).
3. Device according to Claim 1 or 2, characterized in that the nuclear fuel elements contain uranium oxide ( $\text{UO}_2$ ) or plutonium oxide ( $\text{PuO}_2$ ).
4. Device according to one of the above Claims 1 to 3, characterized that the container (1;13) is essentially cube-shaped.
5. Device according to Claim 4, characterized in that the container (1;13) has a square cross section.
6. Device according to one or several of Claims 1 to 5, characterized in that expandable elements are expanded on all inside walls of container (1;13).
7. Device according to one or several of Claims 1 to 6, characterized in that the liquid plastic is an elastomer.
8. Device according to one or several of Claims 1 to 7, characterized in that the liquid plastic is a liquid silicon of

low viscosity.

9. Device according to one or several of Claims 1 to 8, characterized in that the pressure amounts to  $40 \times 10^5$  to  $60 \times 10^5$ , preferably  $50 \times 10^5$ .

10. Device according to one or several of Claims 1 to 9, characterized in that the expandable elements are made as cushions (4;14, 15).

11. Device according to Claim 10, characterized in that the cushions (4) are ring-shaped.

12. Device according to Claim 10 or 11, characterized in that the cushions (4) are arranged in a manner distributed over the length of container (1).

13. Device according to Claim 12, characterized in that the cushions (4) are arranged at an interval from each other.

14. Device according to Claim 10, characterized in that the cushions (14, 15) are made continuous in the longitudinal direction of container (13).

15. Device according to Claim 14, characterized in that, in a cube-shaped container (13), a continuing cushion (14, 15) is provided on each sidewall.

16. Device according to one or several of Claims 10 to 15, characterized in that the cushion (4;14) are connected with a pressure chamber (6).

17. Device according to Claim 16, characterized in that the

cushions (4;14) are connected with each other.

18. Device according to Claim 17, characterized in that cushions (4;14) of a container (1;13) are in hydrostatic equilibrium.

19. Device according to one or several of Claim 1 to 18, characterized in that the expandable elements comprise a deformable membrane (9).

20. Device according to Claim 19, characterized in that the membrane (9) consists of metal or plastic, preferably an elastomer.

21. Device according to Claim 19 or 20, characterized in that the membrane (9) is part of a chamber (11) and that chamber (11) is connected with inside wall of container (1).

22. Device according to one or several of Claims 1 to 21, characterized in that, in case of a standing, cube-shaped container (1), a lid (2) is provided on a topside of container (1).

23. Device according to one or several of Claims 1 to 22, characterized in that a sidewall (12) is removable in a cube-shaped container (13).

24. Device according to Claim 23, characterized in that the other sidewalls are rigidly connected with each other.

25. Device according to Claim 24, characterized in that the removable sidewall (12) bears a pre-expanded element (15) while the other sidewalls are provided with expandable elements (14).

26. Device according to one or several of Claims 1 to 25, characterized in that, for the purpose of expanding the element, there is provided a plunger piston (8) that is dipped into a pressure chamber (6) which is connected with the element.

27. Device according to Claim 26, characterized in that the plunger piston (8) can be driven by means of a spindle.

28. Device according to Claim 26 or 27, characterized in that the plunger piston (8) is accessible from a topside of container (1) and can be activated when container (1) is both in a standing and in a reclining position.

2 pages of drawing.